

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-223650

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 7/20

G03F 9/00

(21)Application number : 08-027179

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.02.1996

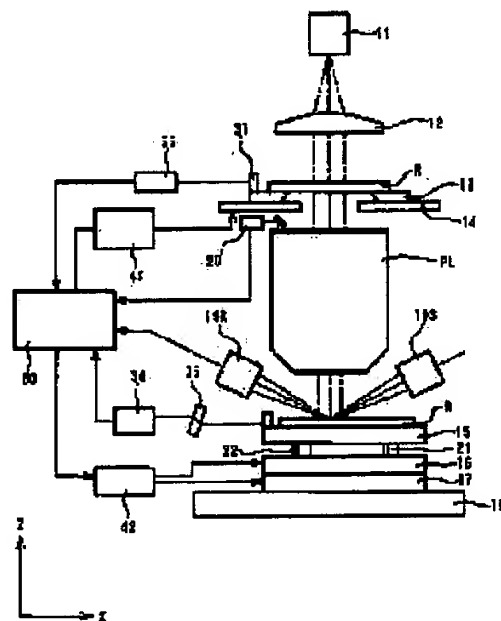
(72)Inventor : OKUMURA MASAHIKO

(54) ALIGNER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To eliminate the influence of a sign error to the actually measured value by obtaining the sign error at the measured vale obtained by a laser interferometer when a moving mirror on a leveling stage is inclined.

**SOLUTION:** The aligner exposes a wafer W mounted on a focus leveling stage 15 with a pattern drawn on a reticle R via a projection lens PL. The aligner comprises an actuator 21 for inclining the stage 15 at a predetermined angle with respect to the optical axis of the lens PL, a moving mirror for mounting the stage 15, a laser interferometer 34 for emitting a laser beam to the mirror to obtain a coordinate value, an alignment sensor 20 for detecting an alignment mark, a main controller 50 for reading the coordinate value of the interferometer 34 in the state that the wafer W is inclined by the actuator while confirming the mark by the sensor 20 to calculate the sign error generated in response to the inclined angle of the wafer W, and a having 35 for regulating the interferometer 34 so as not to generate the sign error.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The projection aligner which exposes the pattern which is characterized by providing the following, and which was drawn on the mask to the sensitization substrate laid in the substrate table through the projection optical system. The actuator which carries out the predetermined angle inclination of the aforementioned substrate table to the optical axis of the aforementioned projection optical system. The move mirror laid in the aforementioned substrate table. The interferometer which irradiates a laser beam at the aforementioned move mirror, and obtains a coordinate value. A calculation means compute the sign error which reads a coordinate value with the aforementioned interferometer in the state made the aforementioned sensitization substrate incline with the aforementioned actuator, and produces according to the tilt angle of the aforementioned sensitization substrate while checking the position of the aforementioned sensitization substrate with the position detection optical system which detects the position of the aforementioned sensitization substrate, and the aforementioned position detection optical system, and an adjustment means adjust the measuring point of the aforementioned laser interferometer in the aforementioned optical-axis direction.

[Claim 2] It is in the state where an aligner according to claim 1 has the focal detection optical system which asks for the image formation position where image formation of the aforementioned pattern is carried out by the aforementioned projection optical system further, and the aforementioned sensitization substrate was moved to the aforementioned image formation position with the aforementioned actuator, and the aforementioned position detection optical system is characterized by detecting the position of the aforementioned sensitization substrate.

[Claim 3] The method of computing the sign error produced according to the tilt angle of the sensitization substrate laid in the substrate stage includes the following processes. Move the aforementioned substrate stage equipped with the move mirror to the image formation position of a projection optical system, the aforementioned substrate stage is made to incline the whole predetermined angle, where the position of the aforementioned sensitization substrate is detected, the coordinate value within the field which irradiates a laser beam and intersects perpendicularly with the aforementioned move mirror with the optical axis of the aforementioned projection optical system each time is calculated, and the sign error for every aforementioned predetermined angle is detected.

[Claim 4] The method of computing a sign error according to claim 1 includes the process which detects the image formation position of the aforementioned projection optical system first.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the equipment which carries out projection exposure of a semiconductor circuit pattern or a liquid crystal display element pattern drawn on the reticle at a sensitization substrate (the semiconductor wafer and glass plate which applied the resist layer). The detection precision of the laser interferometer which detects the stage position where especially the sensitization substrate appeared is raised.

[0002]

[Description of the Prior Art] A semiconductor integrated circuit or liquid crystal (a semiconductor integrated circuit explains hereafter) repeats exposure of several times to about ten times or more of circuit patterns, and is manufactured. Then, the projection aligner has detected the position of a sensitization substrate (a wafer explains hereafter) or the XY direction of a reticle (or circuit pattern), and rotation using various alignment sensors in the case of pattern exposure.

[0003] Moreover, a wafer cannot be exposed, unless it moves a wafer into the depth of focus of a projection lens, in case the circuit pattern drawn on the reticle is exposed. Then, the projection aligner moved the wafer in the direction of an optical axis of a projection lens, and is equipped with the focal leveling stage of a specified quantity \*\*\*\*\* sake for the wafer. This focal leveling stage is equipped with the move mirror which reflects the laser beam irradiated from the laser interferometer besides the wafer.

[0004] Therefore, in case a wafer is put in in the depth of focus according to the pattern projection image of a reticle, a focal leveling stage will need to move a wafer in the direction of an optical axis of a projection lens, and will need to lean a wafer. Then, the move mirror on a focal leveling stage will also move in the direction of an optical axis, and it will incline. Therefore, if XY coordinate is measured within the flat surface which intersects perpendicularly with the optical axis of a projection lens by the laser interferometer laid on the base, the so-called sign error E will arise at the measurement value of a laser interferometer.

[0005] Moreover, in case the so-called contact hole is exposed by the scanned type (scan type) projection aligner, since the depth of focus is enlarged, a focal leveling stage may be leaned intentionally, and the synchronous scan of a reticle and the focal leveling stage may be carried out. Also in this case, the so-called sign error E will arise at the measurement value of a laser interferometer.

[0006] Furthermore, when the run slideway of an X-Y stage has a wave to the laser interferometer and an X-Y stage drives, the move mirror on a focal leveling stage may also incline as the so-called rolling and pitching. Also in this case, the so-called sign error E will arise at the measurement value of a laser interferometer.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] If exposure of a circuit pattern is repeated with the sign error E arisen, exposure will be repeated with positioning accuracy not come out, and it will become impossible however, to manufacture the semiconductor integrated circuit to which high integration is progressing.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Then, the actuator 21 with which the aligner of the invention in this application carries out the predetermined angle inclination of the leveling stage 15 to the optical axis of the projection lens PL, The move mirror 32 laid in the leveling stage 15, and the laser interferometer 34 which irradiates a laser beam at the move mirror 32, and obtains a coordinate value, Checking an alignment mark by the alignment sensor 20 which detects an alignment mark, and the alignment sensor 20 The main-control section 50 which computes the sign error E which reads a coordinate value by the laser interferometer in the state where Wafer W was made to incline with an actuator, and is produced according to the tilt angle of Wafer W, It has HABINGU glass 35 which adjusts the measuring point of a

laser interferometer 34 in the direction of an optical axis of the projection lens PL.

[0009] For this reason, a sign error is searched for using the tilt angle  $\theta$  of this stage, and the coordinate value obtained by the laser interferometer, and since the measuring point of a laser interferometer can be adjusted so that a sign error may not occur with HABINGU glass, the coordinate of high positioning accuracy can be acquired.

[0010]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, this example is explained. Drawing 1 shows step [ of this example ] -, and the projection aligner of - scanning method (henceforth a scanned type). Here, the Z-axis is taken in parallel with the optical axis of the projection lens PL, and a Y-axis is taken for the X-axis in the space of drawing 1 in parallel with the space of drawing 1 within a two-dimensional flat surface perpendicular to the optical axis.

[0011] In this drawing 1, the lighting light for the exposure from the light source 11 illuminates the lighting field of the shape of a slit of the pattern formation side of Reticle R by the uniform illumination distribution through a condensing lens 12. Projection exposure of the pattern in the lighting field on Reticle R is carried out as a slit-like image through the projection lens PL on the wafer W with which the photoresist was applied. Reticle R is held on a reticle stage 13, and a reticle stage 13 is laid on the reticle base 14. A reticle stage 13 is driven by the linear motor to a scanning direction (the direction of X) on the reticle base 14. The X coordinate of Reticle R is measured by the move mirror 31 and laser interferometer 33 on a reticle stage 13, and the main-control system 50 to which this X coordinate carries out control of the operation of the whole equipment is supplied. Although not shown in drawing, the move mirror and the interferometer are formed like [ Y coordinate ] the X coordinate. The main-control system 50 performs the position of Reticle R, and control of traverse speed through the reticle-stage drive circuit 41 and a reticle stage 13.

[0012] On the other hand, Wafer W is held on the focal leveling stage 15 through a wafer electrode holder (un-illustrating). It is laid on the Y stage 16 through the actuator 21 (two are displayed in drawing 1) which can move the focal leveling stage 15 to three Z directions freely. The variation rate of each actuator is measured by the encoder 22 incidental to each. The Y stage 16 is laid on the X stage 17. The Y stage 16 and the X stage 17 are laid on the base 18 so that it may be held by the pneumatic bearing, for example, may be moved in the XY direction by the linear motor.

[0013] Moreover, X and the move mirror 32 (32X, 32Y) for Y-axes are fixed to the upper limit of the focal leveling stage 15. The laser beam from the laser interferometer 34 (34X, 34Y) laid in the base 18 is irradiated by the move mirror 32, and the monitor of the XY coordinate (inside of the orthotomic surface with the optical axis of the projection lens PL) of Wafer W is always carried out. HABINGU (transparent parallel plate) 35 is formed between the move mirror 32 and the laser interferometer 34. These details are mentioned later.

[0014] The main-control system 50 controls operation of X, the Y stages 16 and 17, and the focal leveling stage 15 through the wafer stage drive circuit 42 based on the supplied coordinate. For example, synchronizing with the projection lens PL scanning Reticle R at speed VR in the direction of +X (or the direction of -X) to a lighting field through a reticle stage 13 as what projects an inverted image for the projection scale factor beta (beta is for example, 1 / 4 grades), Wafer W is scanned at speed VW (= beta-VR) in the direction of -X (or the direction of +X) through the X stage 17.

[0015] In a projection aligner, it is necessary to perform alignment (alignment) of Reticle R and Wafer W with high precision in advance of exposure of this pattern space. The position detecting method of the mark on a wafer is roughly divided into three. The 1st method is a way picturize the image of a mark and an image processing detects the position. The 2nd method is a laser beam scanning method which detects the mark position based on the scattered light or diffraction luminous-intensity change which scans relatively the grid-like alignment mark and the sheet beam of helium-Ne laser which have periodicity in the direction which intersects perpendicularly in the measurement direction, and is generated from the mark concerned. The 3rd method is a method called "grid alignment" which uses the alignment mark of the shape of a grid which has periodicity in the measurement direction. This method is further subdivided by a gay dyne method and the heterodyne method by composition of optical system. Moreover, as position detection optical system, there are an off-axis method which uses the microscope of the exclusive use installed separately, and a TTL (Through TheLens) method which uses a projection lens as position detection optical system with a projection lens. In this example, the position detection optical system (alignment sensor) 20 of a TTL method is drawn on drawing 1. The alignment signal acquired by alignment 20 is supplied to the main-control system 50.

[0016] It explains per composition of the focal position detection system (henceforth "AF sensor") 19 (19S, 19R) of the multipoint for detecting the position (focal position) of the Z direction of the front face of Wafer W. In this multipoint AF sensor 19, a nonphotosensitivity detection light is irradiated from light source 19S to a photoresist. Detection light is aslant projected to the optical axis of the projection lens PL in the field on Wafer W. Image formation of the reflected light from those measure points is condensed and carried out by light sensing portion 19R. Photo electric translation of the reflected light by which image formation was carried out is carried out by many optoelectric

transducers, respectively, and, next, signal processing of these photo-electric-translation signal is carried out. AF sensor asks for the focal position of Wafer W, and the inclination of Wafer W by this, and the focal position of Wafer W and the inclination of Wafer W are supplied to the main-control section 50.

[0017] Drawing 2 is the perspective diagram having shown control of the focal leveling stage 15 circumference of this example. In this drawing 2, X and the move mirrors 32X and 32Y for the Y-axes are being fixed to the upper surface of the focal leveling stage 15. The laser beam from laser-interferometer 34X is irradiated by move mirror 32X, and the monitor of the X coordinate of Wafer W is always carried out. HABINGU 35X was attached between move mirror 32X and laser-interferometer 34X, and the optical path of a laser beam is bent. Moreover, the monitor of the Y coordinate of Wafer W is always carried out by move mirror 32Y and laser-interferometer 34Y for the Y-axes. Between move mirror 32Y and laser-interferometer 34Y, HABINGU 35Y is attached like the X-axis. The X coordinate and Y coordinate which were detected by these are supplied to the main-control system 50.

[0018] In addition, in drawing 2, although one laser-interferometer 34Y each laser-interferometer 34X for the X-axes and for Y-axes is drawn, in order to measure yawing, one laser interferometer is further prepared at a time in each shaft, respectively (un-illustrating). An actuator 21 is constituted using the method which uses a rotary motor and a cam, or a laminating type piezoelectric device (piezo-electric element). Thus, when using the driver element linearly displaced as an actuator 21, as an encoder for detecting the position of a Z direction, the linear encoders 22, such as optical or an electrostatic-capacity formula, are arranged near the actuator 21. The value of the Z direction obtained from the linear encoder 22 of the three supporting points is supplied to the main-control system 50. By the main-control system 50, the position of the Z direction of Wafer W, the tilt angle of the circumference of the X-axis, and the tilt angle of the circumference of a Y-axis are calculated from the value of the Z direction of the three supporting points. And based on information, such as a position of the information on the focal position of AF sensor, and the Z direction of Wafer W, and a tilt angle, the main-control system 50 sends a control signal to the wafer stage drive circuit 42. In the wafer stage drive circuit 42, the surrounding tilt angle of the X-axis of the focal leveling stage 15 and a Y-axis is adjusted by making three actuators 21 expand and contract equally by adjusting the position (focal position) of the Z direction of the focal leveling stage 15, and adjusting individually the amount of expansion and contraction of three actuators 21.

[0019] Next, the image surface A of the projection lens PL in the scanned type projection aligner mentioned above and the difference H with the measurement position B of a laser interferometer are explained using drawing 3 (a). This drawing 3 (a) explains only a scanning direction (the direction of X). It is moved by three actuators 21 by which the focal leveling stage 15 was established in the Y-axis stage so that Wafer W might come to the image formation position A obtained by the AF sensor 19. At this time, the focal leveling stage 15 angle theta (circumference of a Y-axis) Inclined, and move mirror 32X also leans the angle (90 degree-theta). On the other hand, the laser beam of laser-interferometer 34X is irradiated by the measurement position B of move mirror 32X. For this reason, the difference of the Z direction of the image formation position A and the measurement position B is set to H. In this case, the sign error E will appear in the X coordinate obtained by laser-interferometer 34X. In addition, the sign error E is  $E = H \cdot \sin \theta$ . ..... It is (1).

[0020] Next, measurement of the sign error E produced according to the image surface A of the projection lens PL and the difference H with the measurement position B of a laser interferometer is explained (see drawing 5). First, it asks for an image formation position by the AF sensor 19, the leveling stage 15 is moved at a level with the field which intersects perpendicularly with the optical axis of the projection lens PL, and Wafer W is set by the image formation position. And it moves on the X stage 17 and the Y stage 16, and has Wafer W so that the alignment mark formed on Wafer W can be measured by the TTL alignment sensor 20. While the alignment mark had been made to hold in the image formation position A of the projection lens PL in this state, the focal leveling stage 15 is rotated with an actuator 21 in step from an inclination (-theta0) to an inclination (+theta0). When it rotates, deflection of the X coordinate obtained by the laser interferometer 34 is set to Xif. Moreover, when the focal leveling stage 15 is made to incline, deflection obtained by the TTL alignment sensor 20 is set to Xalg. It is made to rotate within limits (predetermined angle of rotation theta) toward which the focal leveling stage 15 inclines, and asks for the deflection Xif and deflection Xalg in various tilt angles theta. Therefore, in the main-control section 50, the survey sign error E of the laser interferometer produced according to the tilt angle of the focal leveling stage 15 can be searched for with a formula 2.

[0021]  $E = X_{alg} - X_{if}$  ..... (2)

And the sign error E in each tilt angle theta is memorized in the memory in the main-control section 50. In addition, although the TTL alignment sensor 20 detected the alignment mark on Wafer W, the TTL alignment sensor 20 may detect the FIDISHARU mark FM on the focal leveling stage 15. Moreover, deflection Xalg may always be 0.

[0022] In addition, although the TTL alignment sensor 20 was used when searching for the survey sign error E of laser-interferometer 34X, you may be the alignment sensor of an off-axis method. Moreover, the position detecting method

may be any of the 1st method (the image processing of the image of a mark is picturized and carried out) mentioned above, the 2nd method (laser beam scanning method which scans a grid-like alignment mark and the sheet beam of laser relatively), and the 3rd method (grid alignment). The amount theta of inclinations of the focal leveling stage 15 and a relation with the survey sign error E are shown here at drawing 4. As shown in drawing 4, the amount theta of inclinations and the sign error E are in proportionality. However, when the run slideway of an X-Y stage surges to a laser interferometer and has psi, the sign error E is  $E=H(\theta+\psi)$ . ..... (3)

It becomes. Since the external waviness psi of the run slideway of a stage changes depending on the position of X-Y stages 16 and 17. Even if the inclination theta of the leveling stage 15 to an X-Y stage is 0, the inclination of the move mirror 32 to the laser beam of a laser interferometer 34 changes. That is, if the image surface A of the projection lens PL and the difference H with the measurement position B of a laser interferometer 34 are not 0, it will become the aggravation factor of the grid nature of the array of an exposure shot. after XY shaft respectively -- has stopped X-Y stages 16 and 17 in the specific position here, since psi is fixed, the difference H of the image surface A and the measurement position B is searched for by surging as the amount theta of inclinations of the focal leveling stage 15, and a proportionality coefficient with the sign error E, as shown in drawing 4 and a formula (1), and (3). Therefore, what is necessary is just to carry out rotation adjustment of HABINGU 35 so that Difference H may be set to 0. This state is shown in (b) of drawing 3.

[0023] In addition, the sign error E not only arises, but in fact, by the drive of the focal leveling stage 15, the move mirror 32 will incline and the optical path of a laser interferometer 34 itself will incline with the inclination of the move mirror 32. Therefore, the tilt angle theta of the focal leveling stage 15 shown in drawing 4 and the relation with the sign error E are not perfect straight lines, and as two or more points are plotted, they become a parabolic mostly. Since this error component is proportional to the square of an angle theta, it is unremovable in positioning of a laser interferometer 34. When this component is included, error E' of a laser interferometer 34 can be expressed as follows.  $E'=A*\theta*\theta+B*\theta+E$  ..... (4)

It can express. since it is the variable given here with the installation error of the optical path length of a laser interferometer 34, or the move mirror 32 and these can be measured separately beforehand -- the time of exposure -- a part for this error -- a stage position -- an amendment -- things are made

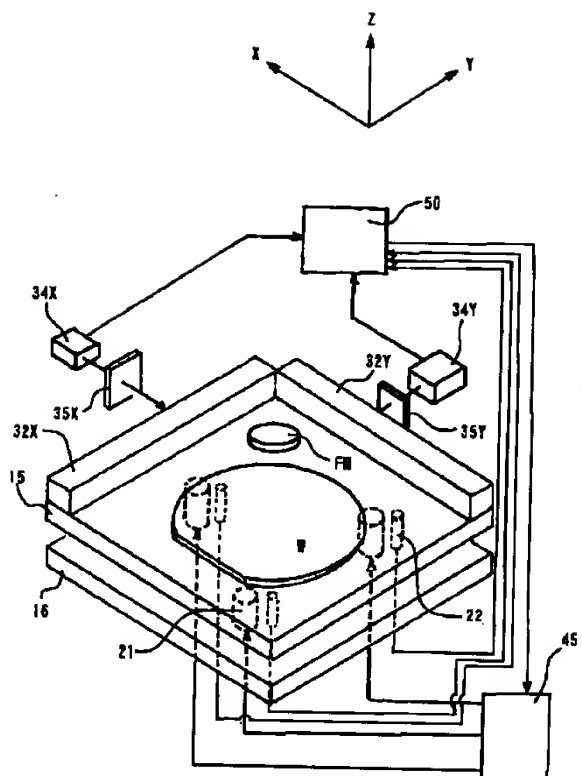
[0024] In addition, although an error will be included in the above-mentioned amendment when the external waviness psi of a stage is added, compared with the sign error E dominant in error E', the influence is slight. Although the example explained above explained the sign error E in the leveling stage 15 for wafer W, it cannot be overemphasized that you may apply to a reticle stage 13. Moreover, although the scanned type projection aligner has been explained, a move mirror is laid on a leveling stage, and if it is equipment with which a move mirror also inclines according to the inclination of a leveling stage, it is applicable similarly.

[0025]

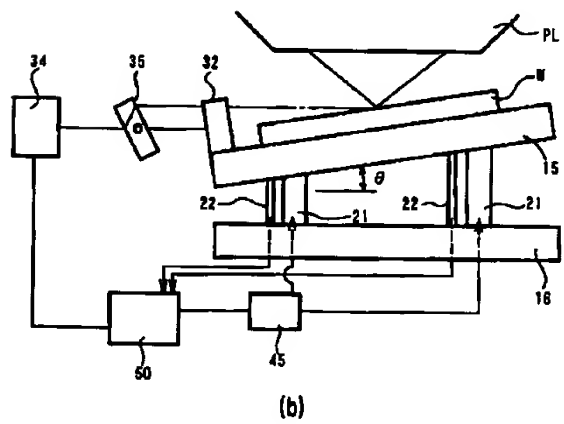
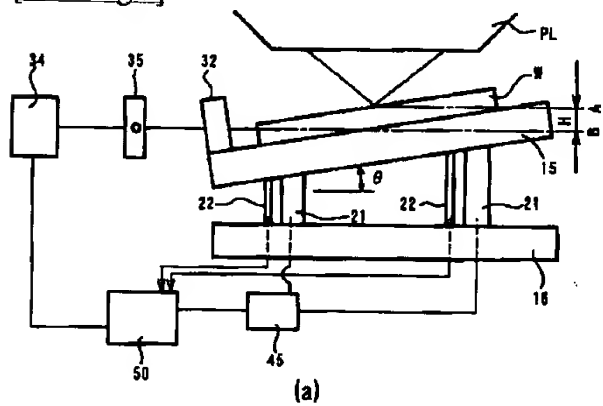
[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the sign error E produced according to the difference H of the measurement position of a laser interferometer and the image surface position of a projection optical system can be searched for, making a leveling stage incline using position detection optical system. Moreover, an parallel plate is put in between a laser interferometer and a move mirror, and since it can adjust so that the measurement position of an interferometer may be doubled with the image surface of a projection lens, it can avoid including the sign error E in the coordinate value obtained by the laser interferometer.

[0026] this leans the field (lighting slit field; -- narrower than a shot field) where it is a scanned type projection aligner, and Reticle R is projected to a scanning direction (X shaft orientations), and scans it by the shot field, and even when obtaining the contact hole from which the depth of focus became 2 or 3 times and a wave is in the slideway of X and Y stage, the coordinate acquired by the laser interferometer becomes highly precise



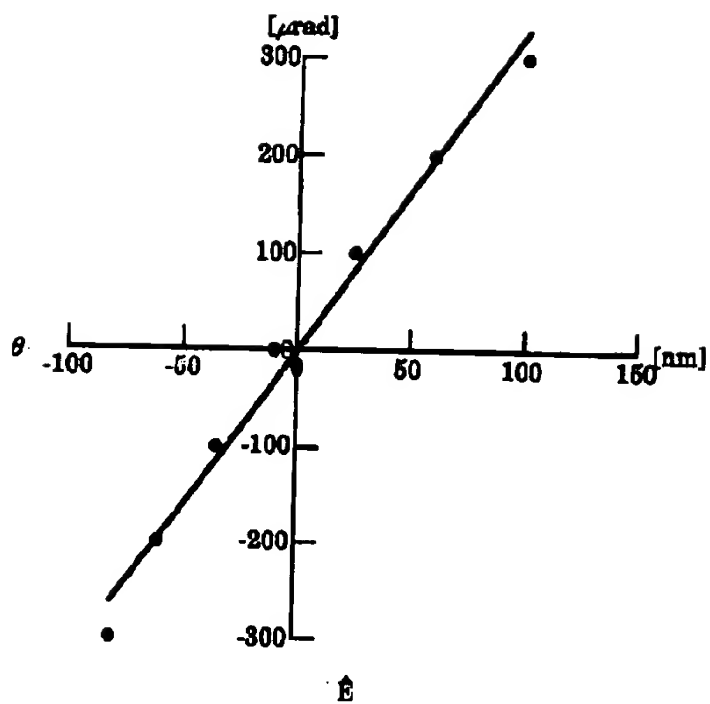


[Drawing 3]

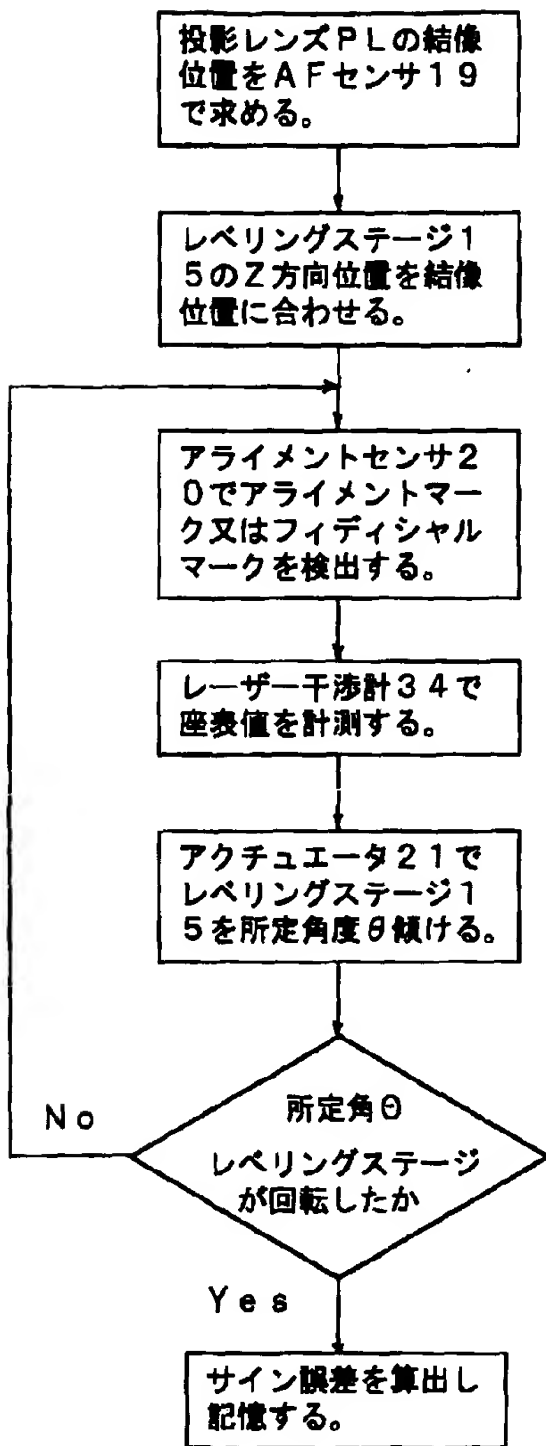


[Drawing 4]





[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 2 3 6 5 0

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 8 月 2 6 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	518
G03F 7/20	505		G03F 7/20	505
	521			521
9/00			9/00	H
			H01L 21/30	516 B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平 8 - 2 7 1 7 9  
(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 2 月 1 5 日

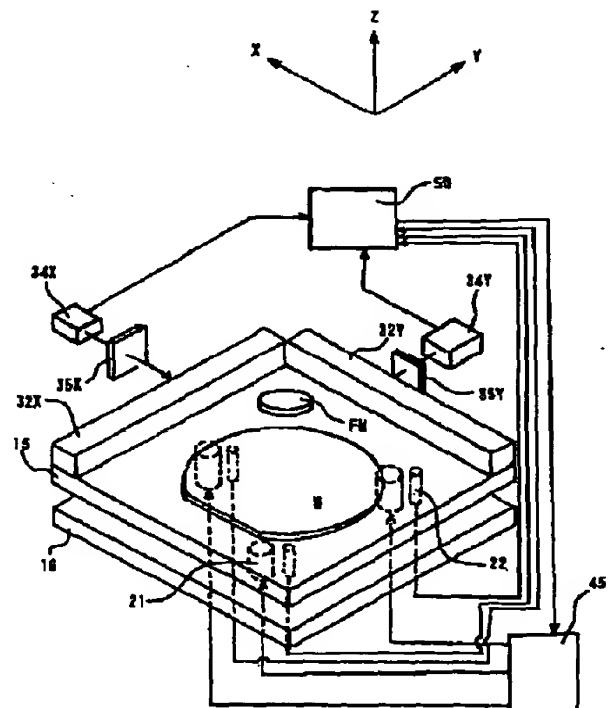
(71) 出願人 0 0 0 0 4 1 1 2  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号  
(72) 発明者 奥村 正彦  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株  
式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】 レベリングステージ上の移動鏡が傾いた場合にレーザー干渉計で得られる計測値にサイン誤差 E が載る。このサイン誤差を求めておき、実際の計測値からサイン誤差の影響をなくす。

【解決手段】 露光装置は、レチクル R に描かれたパターンを投影レンズ P L を介してフォーカス・レベリングステージ 1 5 に載置されたウエハ W に露光するである。そして露光装置は、投影レンズ P L の光軸に対してレベリングステージ 1 5 を所定角度傾斜するアクチュエータ 2 1 と、レベリングステージ 1 5 に載置した移動鏡 3 2 と、移動鏡 3 2 にレーザー光を照射して座標値を得るレーザー干渉計 3 4 と、アライメントマークを検出するアライメントセンサ 2 0 と、アライメントセンサ 2 0 でアライメントマークを確認しながら、アクチュエータによりウエハ W を傾斜させた状態でレーザー干渉計により座標値を読み取り、ウエハ W の傾斜角に応じて生じるサイン誤差 E を算出する主制御部 5 0 と、サイン誤差を発生させないようにレーザー干渉計を調整するハーピング 3 5 とを備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクに描かれたパターンを投影光学系を介して基板テーブルに載置された感光基板に露光する投影露光装置において、

前記投影光学系の光軸に対して前記基板テーブルを所定角度傾斜するアクチュエータと、

前記基板テーブルに載置した移動鏡と、

前記移動鏡にレーザー光を照射して座標値を得る干涉計と、

前記感光基板の位置を検出する位置検出光学系と、前記位置検出光学系で前記感光基板の位置を確認しながら、前記アクチュエータにより前記感光基板を傾斜させた状態で前記干涉計により座標値を読み取り、前記感光基板の傾斜角に応じて生じるサイン誤差を算出する算出手段と、前記レーザー干涉計の測定位置を前記光軸方向に調整する調整手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の露光装置はさらに、前記パターンが前記投影光学系によって結像される結像位置を求める焦点検出光学系を有し、

前記アクチュエータにより前記感光基板を前記結像位置に移動させた状態で、前記位置検出光学系が、前記感光基板の位置を検出することを特徴とする。

【請求項 3】 基板ステージに載置した感光基板の傾斜角に応じて生じるサイン誤差を算出する方法は以下の工程を含む。移動鏡を備えた前記基板ステージを投影光学系の結像位置に移動させ、

前記感光基板の位置を検出した状態で前記基板ステージを所定角度ごと傾斜させ、その都度前記移動鏡にレーザー光を照射して前記投影光学系の光軸と直交する面内の座標値を求め、

前記所定角度ごとのサイン誤差を検出する。

【請求項 4】 請求項 1 に記載のサイン誤差を算出する方法は、最初に前記投影光学系の結像位置を検出する工程を含む。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レチクルに描かれた半導体回路パターン又は液晶表示素子パターン等を、感光基板（レジスト層を塗布した半導体ウエハやガラスプレート）に投影露光する装置に関するものである。特に感光基板の載ったステージ位置を検出するレーザー干涉計の検出精度を向上させるものである。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 半導体集積回路又は液晶（以下、半導体集積回路で説明する）は、数回から十数回以上の回路パターンの露光を繰り返して製造される。そこで、投影露光装置は、パターン露光の際に各種アライメントセンサを使って感光基板（以下、ウエハで説明する）又はレチクル（又は回路パターン）の X Y 方向の位置及び回転を検出している。

【 0 0 0 3 】 また、レチクルに描かれた回路パターンを露光する際には、投影レンズの焦点深度内にウエハを移動させないと、ウエハを露光することができない。そこで、投影露光装置は、ウエハを投影レンズの光軸方向に移動させ且つウエハを所定量傾けるためのフォーカス・レベリングステージを備えている。かかるフォーカス・レベリングステージには、ウエハのほかにレーザー干涉計から照射されたレーザー光を反射する移動鏡が備えられている。

【 0 0 0 4 】 そのため、レチクルのパターン投影像に合わせてウエハを焦点深度内に入れる際には、フォーカス・レベリングステージは、ウエハを投影レンズの光軸方向に移動し且つウエハを傾ける必要が生じる。すると、フォーカス・レベリングステージ上の移動鏡も光軸方向に移動し且つ傾いてしまう。従って、ベース上に載置したレーザー干涉計で投影レンズの光軸と直交する平面内で X Y 座標を計測すると、レーザー干涉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

【 0 0 0 5 】 また、走査型（スキャン型）投影露光装置でいわゆるコンタクトホールを露光する際に、焦点深度を大きくするため意図的にフォーカス・レベリングステージを傾けて、レチクル及びフォーカス・レベリングステージを同期走査する場合もある。この場合もレーザー干涉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

【 0 0 0 6 】 さらに、X Y ステージの走り案内面がレーザー干涉計に対してうねりをもって、X Y ステージが駆動するといわゆるローリング、ピッチングとしてフォーカス・レベリングステージ上の移動鏡も傾いてしまうことがある。かかる場合にもレーザー干涉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

## 【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、サイン誤差 E が生じたまま回路パターンの露光を繰返すと、位置決め精度が出ないまま露光を繰返すことになり、高集積化が進んでいる半導体集積回路が製造できなくなってしまう。

## 【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】 そこで、本願発明の露光装置は、投影レンズ P L の光軸に対してレベリングステージ 1 5 を所定角度傾斜するアクチュエータ 2 1 と、レベリングステージ 1 5 に載置した移動鏡 3 2 と、移動鏡 3 2 にレーザー光を照射して座標値を得るレーザー干涉計 3 4 と、アライメントマークを検出するアライメントセンサ 2 0 と、アライメントセンサ 2 0 でアライメントマークを確認しながら、アクチュエータによりウエハ W を傾斜させた状態でレーザー干涉計により座標値を読み取り、ウエハ W の傾斜角に応じて生じるサイン誤差 E を算出する主制御部 5 0 と、レーザー干涉計 3 4 の測定位置を投影レンズ P L の光軸方向に調整するハーピングガ

ラス 3 5 とを備えている。

【 0 0 0 9 】 このため、このステージの傾斜角  $\theta$  とレーザー干渉計で得られる座標値とを用いてサイン誤差を求め、ハーピングガラスによってサイン誤差が発生しないようにレーザー干渉計の測定位置を調整することができるので、高い位置決め精度の座標を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

【 発明の実施の形態 】 以下、本実施例を説明する。図 1 は、本実施例のステップ・アンド・スキャン方式（以下、走査型という）の投影露光装置を示したものである。ここで、投影レンズ PL の光軸に平行に Z 軸を取り、その光軸に垂直な 2 次元平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に Y 軸を取る。

【 0 0 1 1 】 この図 1 において、光源 1 1 からの露光用の照明光が、コンデンサレンズ 1 2 を介して均一な照度分布でレチクル R のパターン形成面のスリット状の照明領域を照明する。レチクル R 上の照明領域内のパターンは、投影レンズ PL を介して、フォトレジストが塗布されたウエハ W 上にスリット状の像として投影露光される。レチクル R はレチクルステージ 1 3 上に保持され、レチクルステージ 1 3 はレチクルベース 1 4 上に載置される。レチクルステージ 1 3 はレチクルベース 1 4 上で走査方向（X 方向）に例えばリニアモータにより駆動される。レチクルステージ 1 3 上の移動鏡 3 1 及びレーザー干渉計 3 3 によりレチクル R の X 座標が計測され、この X 座標が装置全体の動作を統轄制御する主制御系 5 0 に供給される。図に示していないが Y 座標についても X 座標と同様に移動鏡と干渉計とが設けられている。主制御系 5 0 は、レチクルステージ駆動回路 4 1 及びレチクルステージ 1 3 を介してレチクル R の位置及び移動速度の制御を行う。

【 0 0 1 2 】 一方、ウエハ W は、ウエハホルダ（不図示）を介してフォーカス・レベリングステージ 1 5 上に保持される。フォーカス・レベリングステージ 1 5 は 3 個の Z 方向に移動自在なアクチュエータ 2 1（図 1 では 2 つを表示する）を介して Y ステージ 1 6 上に載置される。各アクチュエータの変位は、それぞれに付随したエンコーダ 2 2 によって計測される。Y ステージ 1 6 は X ステージ 1 7 上に載置される。Y ステージ 1 6 及び X ステージ 1 7 は、エアベアリングで保持され例えばリニアモータで XY 方向に移動されるようにベース 1 8 上に載置される。

【 0 0 1 3 】 また、フォーカス・レベリングステージ 1 5 の上端には X、Y 軸用の移動鏡 3 2（3 2 X、3 2 Y）が固定される。ベース 1 8 に載置されたレーザー干渉計 3 4（3 4 X、3 4 Y）からのレーザー光が移動鏡 3 2 に照射され、ウエハ W の XY 座標（投影レンズ PL の光軸との直交面内）が常時モニタされる。移動鏡 3 2 とレーザー干渉計 3 4 との間には、ハーピング（透明の平行平板）3 5 が設けられている。これらの詳細は後述

する。

【 0 0 1 4 】 主制御系 5 0 は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動回路 4 2 を介して X、Y ステージ 1 6、1 7 及びフォーカス・レベリングステージ 1 5 の動作を制御する。例えば投影レンズ PL が投影倍率  $\beta$ （ $\beta$  は例えば  $1/4$  等）で倒立像を投影するものとして、レチクルステージ 1 3 を介してレチクル R を照明領域に対して +X 方向（又は -X 方向）に速度 VR で走査すると同期して、X ステージ 1 7 を介してウエハ W が -X 方向（又は +X 方向）に速度 VW（ $=\beta \cdot VR$ ）で走査される。

【 0 0 1 5 】 投影露光装置においては、このパターン領域の露光に先立ってレチクル R とウエハ W との位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。ウエハ上のマークの位置検出法は大きく 3 つに分けられる。第 1 の方法は、マークの像を撮像し、画像処理によりその位置を検出する方法である。第 2 の方法は、計測方向に直交する方向に周期性を持つ格子状のアライメントマークと He-Ne レーザーのシートビームとを相対的に走査し、当該マークから発生する散乱光又は回折光の強度変化に基づいてそのマーク位置を検出するレーザビームスキャン方式である。第 3 の方法は、計測方向に周期性を持つ格子状のアライメントマークを使用する「格子アライメント」と呼ばれる方法である。この方法は、光学系の構成によりさらにホモダイン方式とヘテロダイン方式とに細分化される。また、位置検出光学系としては、投影レンズとは別設される専用の顕微鏡を使用するオフアクシス方式と、投影レンズを位置検出光学系として使用する TTL (Through The Lens) 方式がある。本実施例では、TTL 方式の位置検出光学系（アライメントセンサ）2 0 を図 1 に描いている。アライメント 2 0 で得られたアライメント信号は、主制御系 5 0 に供給される。

【 0 0 1 6 】 ウエハ W の表面の Z 方向の位置（焦点位置）を検出するための多点の焦点位置検出系（以下、「AF センサ」という）1 9（1 9 S、1 9 R）の構成につき説明する。この多点 AF センサ 1 9 において、フォトレジストに対して非感光性の検出光が光源 1 9 S から照射される。検出光は投影レンズ PL の光軸に対して斜めにウエハ W 上のフィールドに投影される。それらの計測点からの反射光が、受光部 1 9 R で集光され結像される。結像された反射光は、多数の光電変換素子によりそれぞれ光電変換され、次にこれら光電変換信号が信号処理される。AF センサは、これによりウエハ W の焦点位置及びウエハ W の傾きを求め、ウエハ W の焦点位置及びウエハ W の傾きは主制御部 5 0 に供給される。

【 0 0 1 7 】 図 2 は、本実施例のフォーカス・レベリングステージ 1 5 周辺の制御を示した斜視図である。この図 2 において、フォーカス・レベリングステージ 1 5 の上面には X、Y 軸用の移動鏡 3 2 X、3 2 Y が固定されている。移動鏡 3 2 X にレーザー干渉計 3 4 X からのレ

レーザー光が照射され、ウエハWのX座標が常時モニタされる。移動鏡32Xとレーザー干渉計34Xとの間にはハービング35Xが取り付けられ、レーザー光の光路を折り曲げている。またY軸用の移動鏡32Y及びレーザー干渉計34YによりウエハWのY座標が常時モニタされる。X軸と同様に移動鏡32Yとレーザー干渉計34Yとの間にはハービング35Yが取り付けられている。これらによって検出されたX座標、Y座標は主制御系50に供給される。

【0018】なお、図2においては、X軸用のレーザー干渉計34XとY軸用のレーザー干渉計34Yが各1つ描かれているが、ヨーイングを計測するためにさらにレーザー干渉計が各軸にそれぞれ1つずつ設けられている（不図示）。アクチュエータ21は、ロータリーモータ及びカムを使用する方式、又は積層型圧電素子（ピエゾ素子）等を使用して構成する。このようにアクチュエータ21として直線的に変位する駆動素子を使用する場合、Z方向の位置を検出するためのエンコーダとしては光学式又は静電容量式等のリニアエンコーダ22をアクチュエータ21の近傍に配置する。3支点のリニアエンコーダ22から得られたZ方向の値は主制御系50に供給される。主制御系50では、3支点のZ方向の値から、ウエハWのZ方向の位置、X軸回りの傾斜角及びY軸回りの傾斜角を求める。そして、AFセンサの焦点位置の情報、ウエハWのZ方向の位置及び傾斜角などの情報に基づいて、主制御系50は、ウエハステージ駆動回路42に制御信号を送る。ウエハステージ駆動回路42では、3個のアクチュエータ21を均等に伸縮させることにより、フォーカス・レベリングステージ15のZ方向の位置（焦点位置）の調整を行い、3個のアクチュエータ21の伸縮量を個別に調整することにより、フォーカス・レベリングステージ15のX軸及びY軸の回りの傾斜角の調整を行う。

【0019】次に、上述した走査型投影露光装置における投影レンズPLの像面Aとレーザー干渉計の計測位置Bとの差Hについて図3(a)を使って説明する。この図3(a)では、走査方向(X方向)のみにについて説明する。AFセンサ19によって得られた結像位置AにウエハWが来るようにフォーカス・レベリングステージ15がY軸ステージに設けられた3個のアクチュエータ21により移動させられる。このとき、フォーカス・レベリングステージ15は角度 $\theta$ (Y軸回り)傾き、移動鏡32Xも角度 $(90^\circ - \theta)$ 傾いている。一方、レーザー干渉計34Xのレーザー光は、移動鏡32Xの計測位置Bに照射される。このため、結像位置Aと計測位置BとのZ方向の差はHとなる。かかる場合、レーザー干渉計34Xで得られるX座標には、サイン誤差Eが載ってしまう。なお、サイン誤差Eは、

$$E = H \cdot \sin \theta \approx H \cdot \theta \quad \cdots \cdots (1) \text{である。}$$

【0020】次に、投影レンズPLの像面Aとレーザー

干渉計の計測位置Bとの差Hによって生じるサイン誤差Eの計測について説明する(図5を参照)。まず、AFセンサ19で結像位置を求め、レベリングステージ15を投影レンズPLの光軸と直交する面に水平に移動させて、ウエハWを結像位置に合わせる。そしてウエハW上に形成されたアライメントマークをTTLアライメントセンサ20で計測できるように、Xステージ17、Yステージ16を移動してウエハWをもっていく。この状態でアライメントマークを投影レンズPLの結像位置Aに保持させたまま、フォーカス・レベリングステージ15を傾斜 $(-\theta_0)$ から傾斜 $(+\theta_0)$ までステップ的にアクチュエータ21で回転させる。回転したときにレーザー干渉計34で得られるX座標の偏差を $X_{if}$ とする。また、フォーカス・レベリングステージ15を傾斜させた際にTTLアライメントセンサ20で得られる偏差を $X_{alg}$ とする。フォーカス・レベリングステージ15が傾斜する範囲内(所定回転角 $\Theta$ )で回転させて、いろいろな傾斜角 $\theta$ での偏差 $X_{if}$ 、偏差 $X_{alg}$ を求める。従って、主制御部50では、フォーカス・レベリングステージ15の傾斜角に応じて生じるレーザー干渉計の実測サイン誤差Eを数式2で求めることができる。

$$【0021】 E = X_{alg} - X_{if} \quad \cdots \cdots (2)$$

そして、各傾斜角 $\theta$ におけるサイン誤差Eを主制御部50内のメモリに記憶する。なお、ウエハW上のアライメントマークをTTLアライメントセンサ20で検出したがフォーカス・レベリングステージ15上のフィジカルマークFMをTTLアライメントセンサ20で検出してもよい。また、偏差 $X_{alg}$ は、常に0であることもある。

【0022】なお、レーザー干渉計34Xの実測サイン誤差Eを求める際にTTLアライメントセンサ20を使用した、オフアクシス方式のアライメントセンサであってもかまわない。またその位置検出法は、上述した第1の方法(マークの像を撮像し、画像処理する)、第2の方法(格子状のアライメントマークとレーザーのシートビームとを相対的に走査するレーザビームスキャン方式)、第3の方法(格子アライメント)のいずれであってもかまわない。ここに、フォーカス・レベリングステージ15の傾斜量 $\theta$ と実測サイン誤差Eとの関係を図4に示す。図4に示すように傾斜量 $\theta$ とサイン誤差Eとは比例関係にある。但し、XYステージの走り案内面がレーザー干渉計に対してうねり $\psi$ を持っている場合、サイン誤差Eは、

$$E = H(\theta + \psi) \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。ステージの走り案内面のうねり $\psi$ はXYステージ16、17の位置に依存して変化するので、XYステージに対するレベリングステージ15の傾斜 $\theta$ が0であってもレーザー干渉計34のレーザービームに対する移動鏡32の傾きは変化する。すなわち、投影レンズPLの像面Aとレーザー干渉計34の計測位置Bとの差H

が 0 でないと、露光ショットの配列の格子性の悪化要因となる。ここで、特定の位置（それぞれ X Y 軸とも）に X Y ステージ 1 6、1 7 を停止した状態ではうねりゆは一定なので、像面 A と計測位置 B との差 H は、図 4 及び数式 (1) (3) に示すようにフォーカス・レベリングステージ 1 5 の傾斜量  $\theta$  とサイン誤差 E との比例係数として求められる。従って、差 H が 0 となるようにハーピング 3 5 を回転調整しておけばよい。この状態を図 3 の (b) に示す。

【0023】なお、実際にはフォーカス・レベリングステージ 1 5 の駆動によって移動鏡 3 2 が傾斜しサイン誤差 E が生じるばかりでなく、移動鏡 3 2 の傾斜に伴って、レーザー干渉計 3 4 の光路自体も傾斜してしまう。従って図 4 に示されるフォーカス・レベリングステージ 1 5 の傾斜角  $\theta$  とサイン誤差 E との関係は完全な直線ではなく、複数点プロットしてあるようにほぼ放物線状になる。この誤差成分は角度  $\theta$  の二乗に比例するのでレーザー干渉計 3 4 の位置調整では除去できない。この成分を含めると、レーザー干渉計 3 4 の誤差 E' は以下のように表わせる。

$$E' = A * \theta * \theta + B * \theta + E \quad \cdots \cdots (4)$$

と表わせる。ここでレーザー干渉計 3 4 の光路長や移動鏡 3 2 の取り付け誤差で与えられる変数であり、これらは予め別途計測できるので、露光時にはこの誤差分をステージ位置で補正することができる。

【0024】なお、ステージのうねりゆが加わる場合、上記補正では誤差を含むことになるが、誤差 E' の中で支配的なサイン誤差 E と比べるとその影響は軽微である。以上説明してきた実施例では、ウエハ W 用のレベリングステージ 1 5 におけるサイン誤差 E について説明したが、レチクルステージ 1 3 に適用してもよいことはいうまでもない。また、走査型投影露光装置について説明してきたが、レベリングステージ上に移動鏡が載置され、レベリングステージの傾斜に応じて移動鏡も傾いてしまう装置であれば同様に適用できる。

【0025】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、レーザー干渉計の計測位置と投影光学系の像面位置との差 H によって生じるサイン誤差 E を、位置検出光学系を用いてレベリングステージを傾斜させながら求めることができ

る。また平行平板をレーザー干渉計と移動鏡との間に入れ、干渉計の計測位置を投影レンズの像面に合わせるように調整できるので、レーザー干渉計で得られる座標値にサイン誤差 E を含まないようにすることができる。

【0026】このことは、走査型投影露光装置で、レチクル R の投影される領域（照明スリット領域；ショット領域よりも狭い）を走査方向（X 軸方向）に傾けショット領域分走査し、焦点深度が 2、3 倍となったコンタクトホールを得る場合、X、Y ステージの案内面（うねり）がある場合でも、レーザー干渉計で得られる座標が高精度になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施例の走査型投影露光装置の全体構成図である。

【図 2】ウエハ W 用のフォーカス・レベリングステージの周辺の構成を記載した図である。

【図 3】図 3 (a) は、フォーカス・レベリングステージの傾斜により、レーザー干渉計の計測位置 B と投影レンズの結像位置 A とに差 H (Z 方向) が生じてしまうことを表わした図である。図 3 (b) は、差 H (Z 方向) を平行平板（ハーピング）で補正した図である。

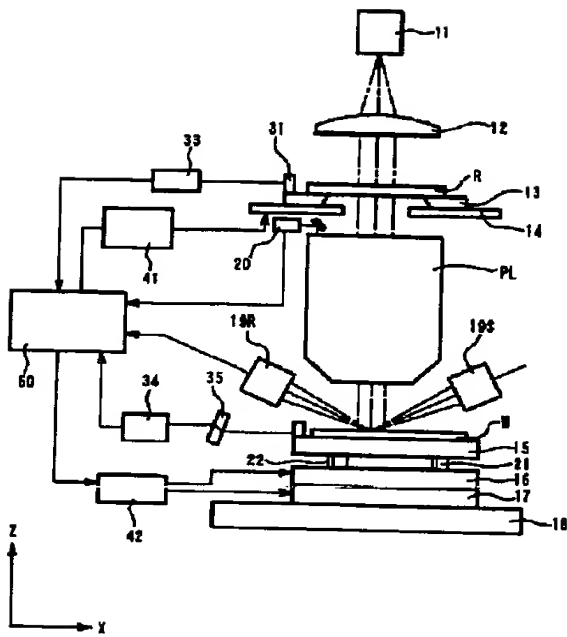
【図 4】フォーカス・レベリングステージの傾斜角  $\theta$  とサイン誤差 E との関係を表わしたズである。

【図 5】フォーカス・レベリングステージの傾斜角  $\theta$  とサイン誤差 E との関係を表わしたズである。

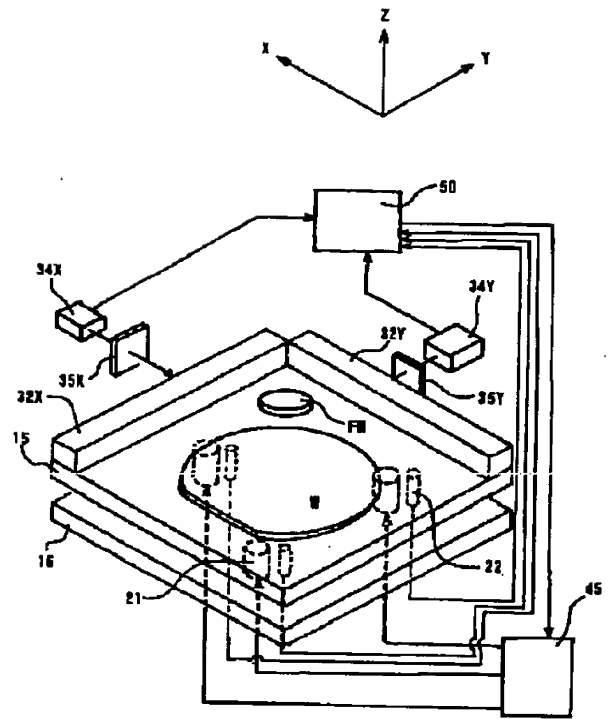
【符号の説明】

レチクル	..... R	ウエハ
..... W		
レチクルステージ	..... 1 3	投影レン
ズ	..... P L	
レベリングステージ	..... 1 5	Y ステー
ジ	..... 1 6	
アクチュエータ	..... 2 1	エンコー
ダ	..... 2 2	
レチクル干渉計用ミラー	..... 3 1	レチクル
用干渉計	..... 3 3	
ウエハ干渉計用ミラー	..... 3 2	ウエハ用
干渉計	..... 3 4	
ハーピング（平行平板）	..... 3 5	サーボモ
ータ	..... 3 6	

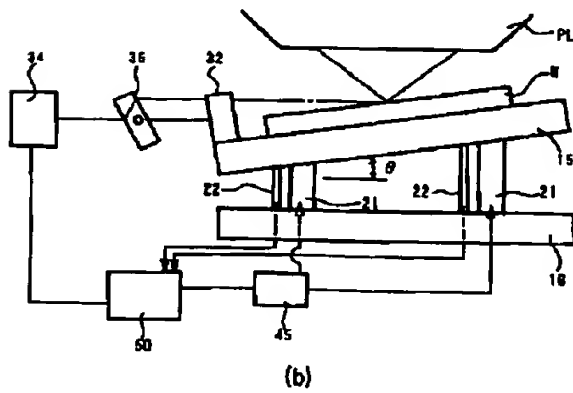
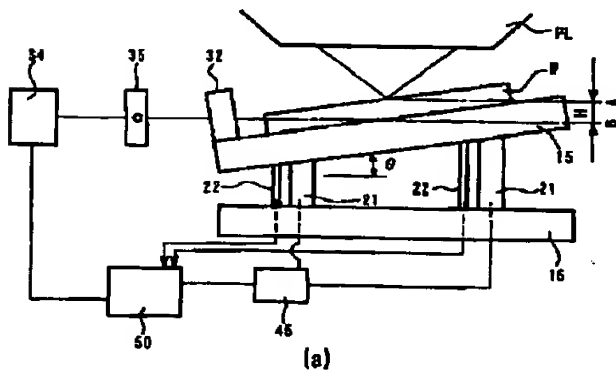
【 図 1 】



【 図 2 】

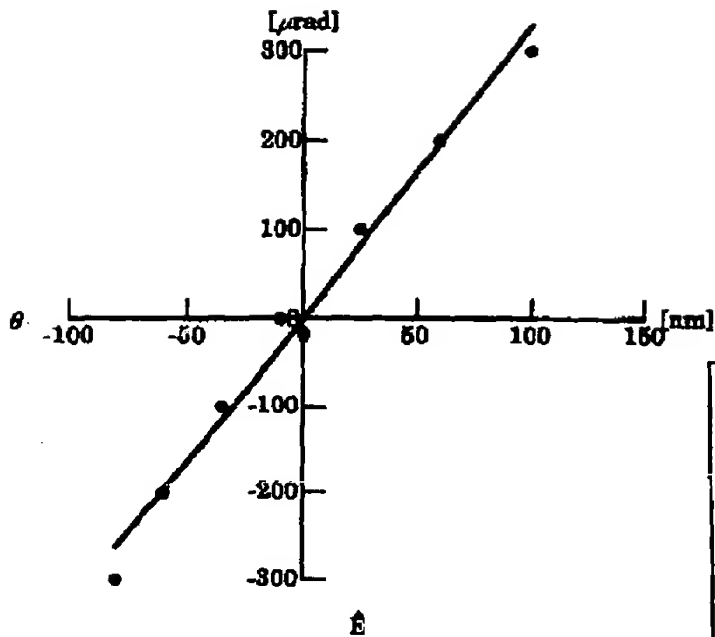


【 図 3 】

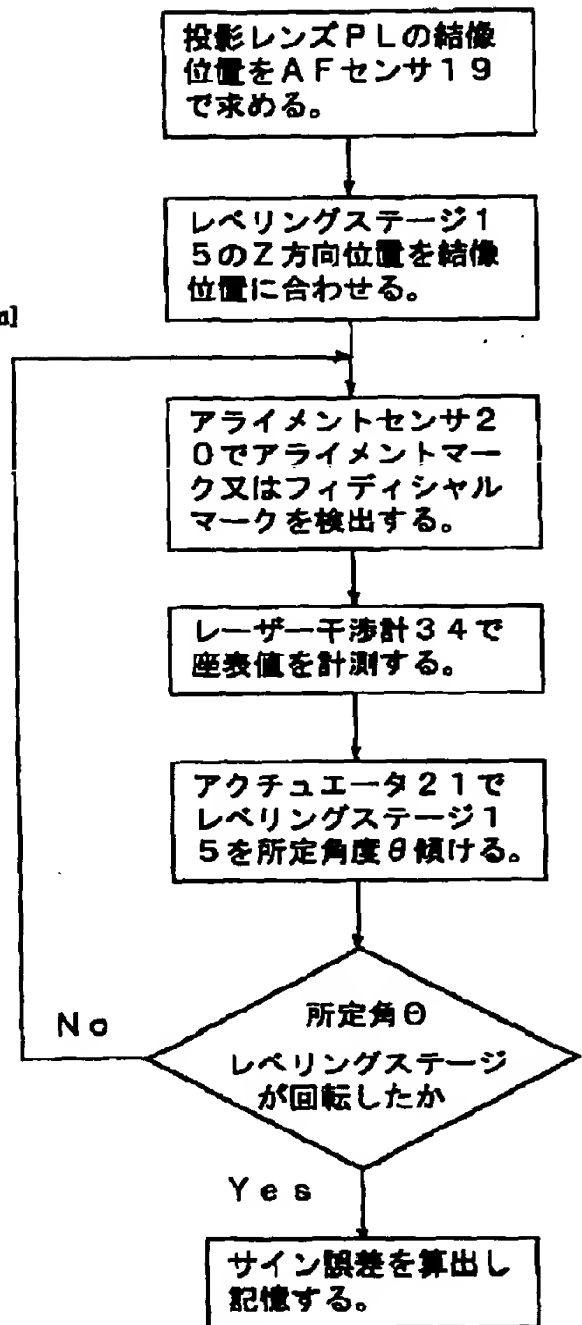




【図 4】



【図 5】



フロントページの続き